

LAB-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikka
Koneensuunnittelu

Ilkka Niemi

Kolakuljettimen suunnitteluohje

Opinnäytetyö 2020

Tiivistelmä

Ilkka Niemi

Kolakuljettimen suunnitteluohje, 30 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Konetekniikka

Kone- ja tuotesuunnittelu

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Simo Sinkko, LAB-ammattikorkeakoulu, tuotekehitysinsinööri

Tuomas Purtonen, Laitex Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Laitex Oy:n suunnitteluosastolle ohje kolakuljettimen suunnitteluun. Suunnitteluohjeen tavoitteena on yhtenäistää yrityksen suunnittelijoiden toimintatapoja sekä toimia apuna uusien työntekijöiden perehdyttämisessä yrityksen tuotteisiin ja työskentelytapoihin. Suunnitteluohjeen on tarkoitus myös edistää kolakuljettimen osalta yrityksessä käynnissä olevaa tuotehallinnan projektia.

Työssä käsitellään kolakuljettimen rakennetta ja sovelluskohteita sekä suunnitteluprosessia ja sen lopputuotetta eli valmistuspiirustuksia laitteen valmistamiseksi kuljetinsuunnittelun näkökulmasta.

Tässä opinnäytetyössä käytetty aineisto on pääasiassa kerätty yleisesti saatavilla olevista alan julkaisuista sekä standardeista. Lisäksi aineistona on käytetty yrityksen sisäisiä dokumentteja ja haastatteluita. Yrityksessä aikaisemmin luotujen ohjeistuksien ja tässä työssä käsiteltyjen aiheiden pohjalta luotiin ohje kolakuljettimen suunnittelun aloitukseen.

Asiasanat: kolakuljetin, tuoterakenne, mekaniikkasuunnittelu

Abstract

Ilkka Niemi

Instructions for design a Drag Chain Conveyor, 30 Pages, 1 Appendix

LAB University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical Engineering

Machine- and product design

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Mr. Simo Sinkko, senior lecturer, LAB University of Applied Sciences, Mr. Tuomas Purtonen, product development engineer, Laitex Oy

The objective of this bachelor's thesis was to create instructions for designing a drag chain conveyor in Laitex Oy. This designing instruction can also be used to familiarize a new designer to products and working methods of the company. It is also part of the company's product management project.

This thesis reviewed the structure of the drag chain conveyor and typical applications where the drag chain conveyor can be used. The thesis also includes theory part of the mechanical design process and applies this a theory in a conveyor design.

The data for this thesis were collected mainly from related literature and standards which are publicly available. The study also used interviews and internal documents of the company to collect the data.

Keywords: drag chain conveyor, mechanical engineering, product structure

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Kolakuljetin	6
2.1	Rakenne	6
2.2	Käyttökohteita	10
3	Suunnitteluprosessin kulku kuljetinsuunnittelussa	14
3.1	Määrittelyvaihe	15
3.2	Layoutsuunnittelu	18
3.3	Laitesuunnittelu	20
3.4	Valmistusdokumentit	21
3.4.1	Pääkokoonpanopiirustus	21
3.4.2	Osakokoonpanopiirustus	22
3.4.3	Hitsauspiirustus	23
3.4.4	Piirustukset yksittäisistä osista	24
4	Suunnitteluohje	27
5	Yhteenveto	28
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1 Suunnitteluohje – CCV Kolakuljetin

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda kolakuljettimen suunnitteluohje Laitex Oy:n suunnitteluosastolle. Ohjeen tarkoituksena on käydä yksityiskohtaisesti läpi kolakuljettimen suunnittelu yrityksessä ja sitä voidaan hyödyntää myös yleisohjeena uusien suunnittelijoiden perehdytyksessä yrityksen työskentelytapoihin suunnitteluosastolla.

Yritys on kasvanut viime vuosina voimakkaasti ja sitä myöten myös suunnitteluosastolla on tehty uusia rekrytointejä. Työmäärän kasvaessa myös alihankintana ostetun suunnittelutyön tarve on kasvanut, joten yhtenäisen ja laadukkaan suunnittelutyön varmistamiseksi on Laitexilla katsottu tarpeelliseksi tehdä kirjallisia ohjeistuksia prosessin eri vaiheista. Kolakuljettimen suunnitteluohje liittyy omalta osaltaan yrityksessä käynnissä olevaan tuotehallintaprojektiin.

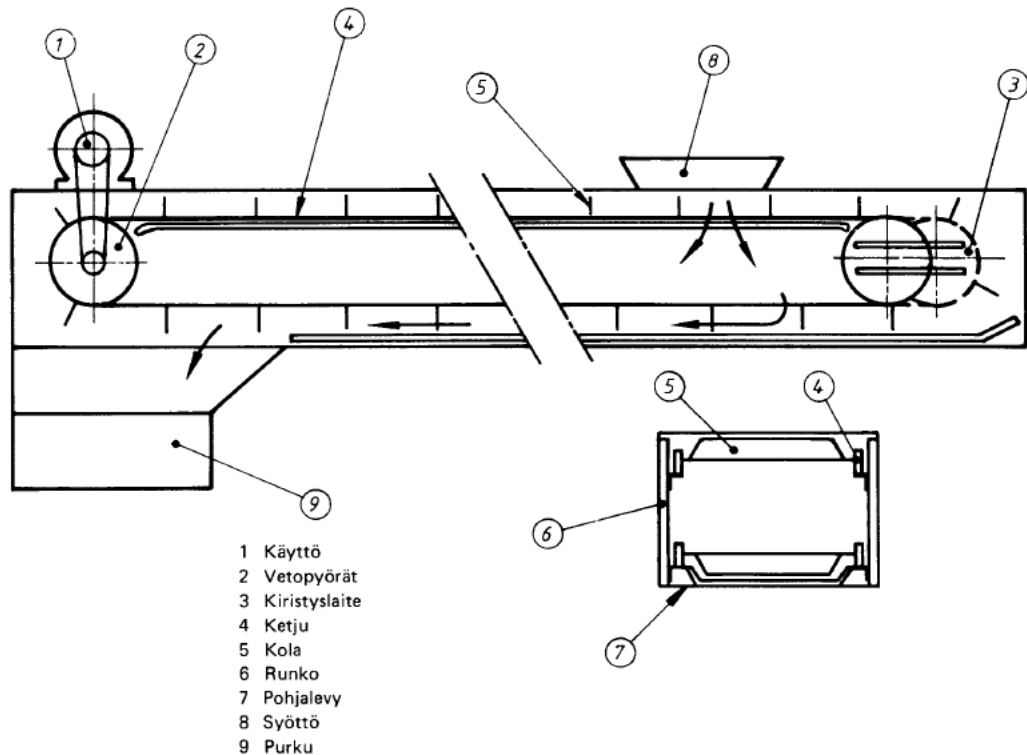
Laitex Oy on vuonna 1986 perustettu erilaisia kuljetin- ja materiaalinhallintaratkaisuja valmistava lappeenrantalainen perheyritys. Yrityksellä on toimintaa kolmessa toimipisteessä Suomessa ja lisäksi sillä on Euraasian vientiin keskittynyt tytäryhtiö Pietarissa. Oman noin 10 henkilöä työllistävän suunnitteluosaston lisäksi yritys käyttää alihankintana ostettua suunnittelukapasiteettia työkuorman huippujen tasaamiseen. Henkilökunnan kokonaismäärä yrityksessä on noin 70 henkilöä, joista toimihenkilöiden osuus on lähes puolet. Valtaosa yrityksen liikevaihdosta koostuu omaan tuotevalikoimaan kuuluvista mekaanisista massatavaran kuljettamiseen käytettävistä laitteista ja laitteistoista. Toinen tärkeä osa liiketoimintaa on huolto- ja elinkaaripalveluiden tarjoaminen pääosin energia- ja mekaanisen puunjalostusalan toimijoille. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2019 noin 11 miljoonaa euroa, jossa on kasvua edeltävään vuoteen verrattuna noin 10 %. (Pöyhiä 2020.)

2 Kolakuljetin

Kolakuljettimia käytetään tyypillisesti melko kuivien ja vähän kuluttavien bulk-materiaalien siirtämiseen eri teollisuuden aloilla. Kolakuljettimien erikoissovelluksilla voidaan siirtää myös kosteampaa tai jopa vetistä materiaalia, jollei se ole helposti kiinni tarttuvaa tai hyvin tahmaavaa. Kuljetettavat materiaalit ovat jauhe- tai rae-maisia tai suhteellisen pienen kappalekoon omaavia aineita, kuten metsätähdehake ja muut vastaavat biopolttoaineet voimalaitosteollisuudessa. Pienillä kuljetusnopeuksilla myös enemmän kuluttavien materiaalien, kuten hiekan ja tuhkan kuljettaminen on mahdollista. Tiiviin rakenteensa ansiosta kolakuljettimia voidaan käyttää myös paljon pölyävien materiaalien kuljettamiseen, sillä ne pitävät pölyn sisällään ja estävät sen leviämisen ympäristöönsä. Siirtomatkat kolakuljettimilla ovat usein melko lyhyitä, muutamasta metristä muutamaan kymmeneen metriin. Pitkille siirtomatoille kolakuljettimet eivät sovellu suurien kitkavoimien takia, jotka syntyvät kuljetettavan materiaalin ja kuljetinketjun laahatessa kuljettimen pohjalla. Kitkavoimien takia kuljettimen kuljetusnopeus myös on paljon alhaisempi kuin esimerkiksi hihnakuljettimilla. Kitkavoimilla on myös suuri vaikutus kuljettimen tehon tarpeeseen ja sitä tulisi pyrkiä pienentämään materiaalin valinnoilla mahdollisimman pieneksi. Kolakuljetin soveltuu materiaalin kuljettamiseen vaakatasossa tai nousevassa kulmassa. Kuljetettavan materiaalin valuvuus eli kasakulma asettaa rajoituksia kolakuljettimen nousukulmalle. Nousukulma perusrakenteisella kolakuljettimella voi yleensä olla noin 30–40 astetta, jonka jälkeen tarvitaan erikoisia kolarakenteita, joilla estetään materiaalin takaisin valuminen nousevalla osalla. Kolakuljettimen rakenne mahdollistaa materiaalin syöttämisen ja purkamisen missä tahansa kohtaa kuljetinta. (Fruchtbaum 1988, 193; Koivisto 2017, 9.)

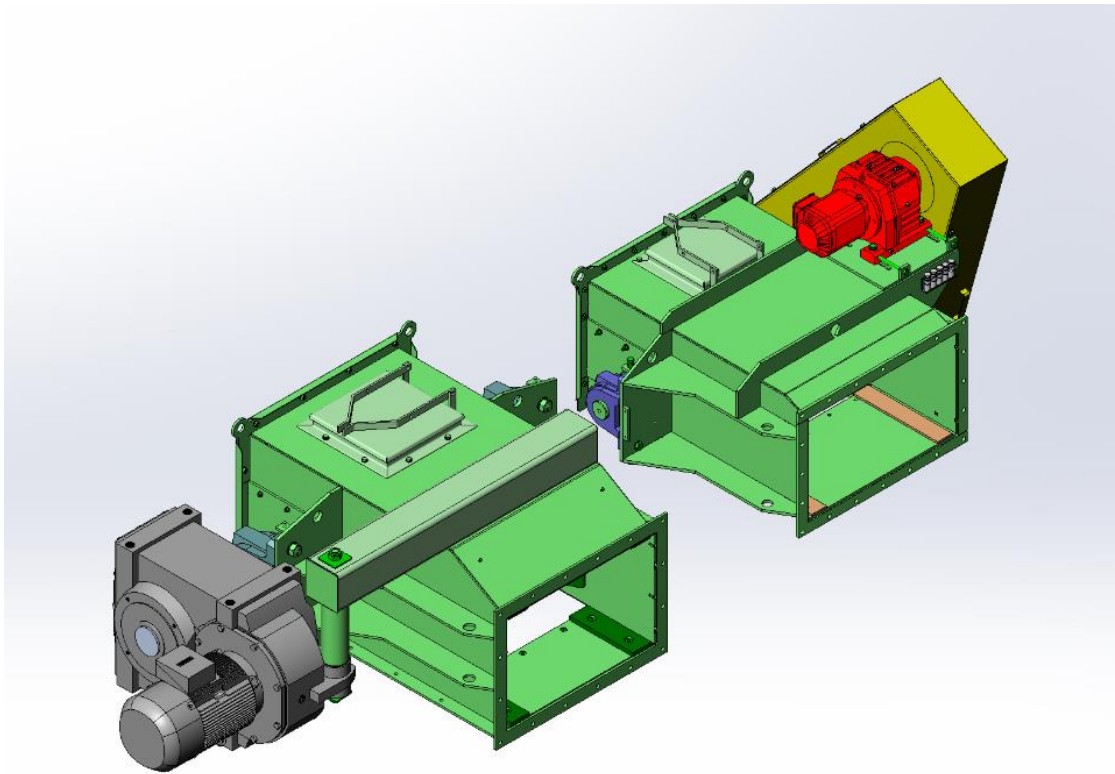
2.1 Rakenne

Kolakuljettimen rakenne ja toiminta on yksinkertaisimmillaan kuvan 1 kaltainen. Kuljettimen syöttösuppilosta materiaali pudotetaan kuljettimen pohjalevyille. Kuormaa eteenpäin kuljettavilla kolilla varustettu päättymätön kuljetinketju vetää materiaalipatjan kuljettimen pohjalevyä pitkin purkusuppiloon, josta materiaali tip-puu pois kuljettimelta. Veto- ja taittopyörät kääntävät ketjun kulkusuunnan kum-massakin päässä kuljetinta.



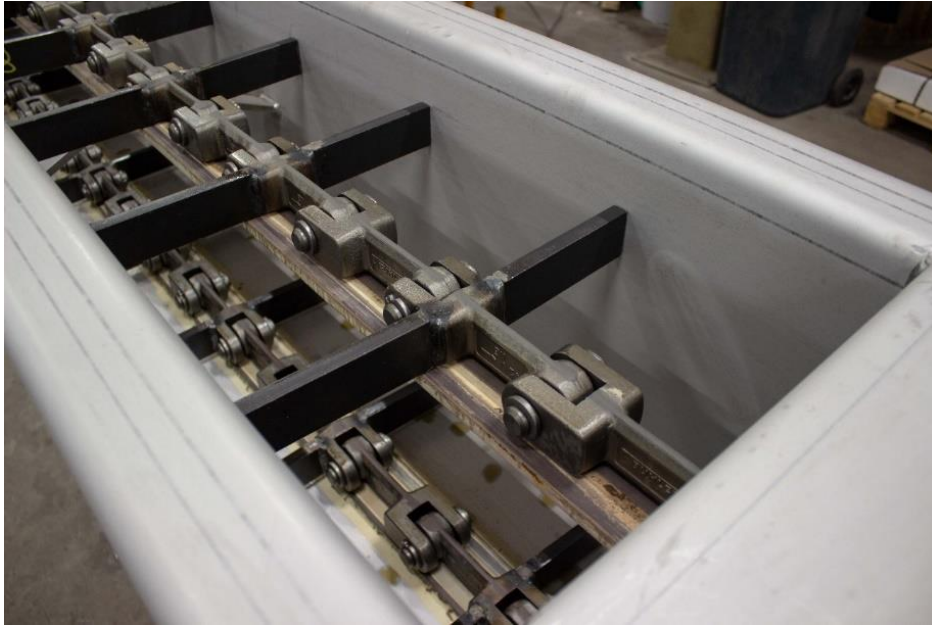
Kuva 1, Kolakuljettimen perusrakenne (SFS 4200, 15)

Käyttölaitteena kolakuljettimissa toimii sähkökäyttöinen vaihdemoottori, joka pyörittää vetoakselia. Suoravetoisissa kuljettimissa käyttölaite on kiinnitetty suoraan vetoakselille ja vaihdemoottori on tuettu vetopäänrunkoon kumivaimentimilla varustetulla momenttituella. Toinen yleinen tapa voimansiirron toteuttamiseen on käyttää ketjuvälitystä vaihdemoottorin ja vetoakselin välillä. Kuvassa 2 vasemalla on suoravetoinen vetopää ja oikealla ketjuvälityksellä varustettu kolakuljettimen vetopää. Ketjuvälityksellä toteutettu kolakuljetin on helppo varustaa erillisellä murtotapilla, joka katketessaan ylikuormitustilanteessa toimii sulakkeen tavoin ja suojelee kuljetinta sekä käyttölaitetta rikkoontumasta (McGowan 2009).



Kuva 2, Kolakuljettimen vetopää (Laitex)

Tyypillisesti kolakuljetin on varustettu yhdellä tai kahdella rinnakkain olevalla kuljetinketjulla (McGowan 2009). Yhdellä ketjulla varustetusta kolakuljettimesta käytetään nimitystä yksirivinen kolakuljetin. Yksirivisessä kuljettimessa materiaalia kuljettavat kolat on kiinnitetty usein hitsaamalla symmetrisesti ketjulenkin molemmiin puolin. Kuvassa 3 on esimerkki kuva yksirivisen kolakuljettimen rungosta ja kuljetinketjusta. Kaksirivisissä kolakuljettimissa kolat ovat kiinnitetty kuljetinketjujen väliin hitsaamalla tai pulttiliitoksella. Liike-energian siirtäminen käyttölaiteelta kuljetinketjulle toteutetaan vetoakselille asetetuilla vetopyörillä, joiden geometria ja lukumäärä riippuu käytetyn kuljetinketjun tyypistä sekä ketjujen lukumäärästä.



Kuva 3, Yksirivinen kolakuljetin (Laitex)

Kuljettimen taittopäässä kuljetinketju käännetään taittopyörien avulla takaisin kuljetussuuntaan. Taittoakseli on tavallisesti varustettu ruuvikiristyslaitteella, jolla voidaan säätää kuljetinketju sopivaan kireyteen. Pyörinnänvalvoja on yksinkertainen induktiivisen anturin sovellutus, jonka tehtävänä on pysäyttää kuljettimen käyttölaite katkaisemalla sähkövirta moottorilta häiriötilanteessa (Koivisto 2018). Kolakuljettimessa pyörinnänvalvoja on sijoitettu yleensä taittoakselin yhteyteen. Tällöin pyörinnänvalvoja hälyttää kuljetinketjun liikkeen pysähtyessä tai liikkeen hidastuessa hälytysrajan alapuolelle. Häiriötilanteita kolakuljettimella voi olla esimerkiksi kuljetinketjun katkeaminen tai ketjun liikkeen pysähtyminen materiaalin tukkiessa kuljettimen.

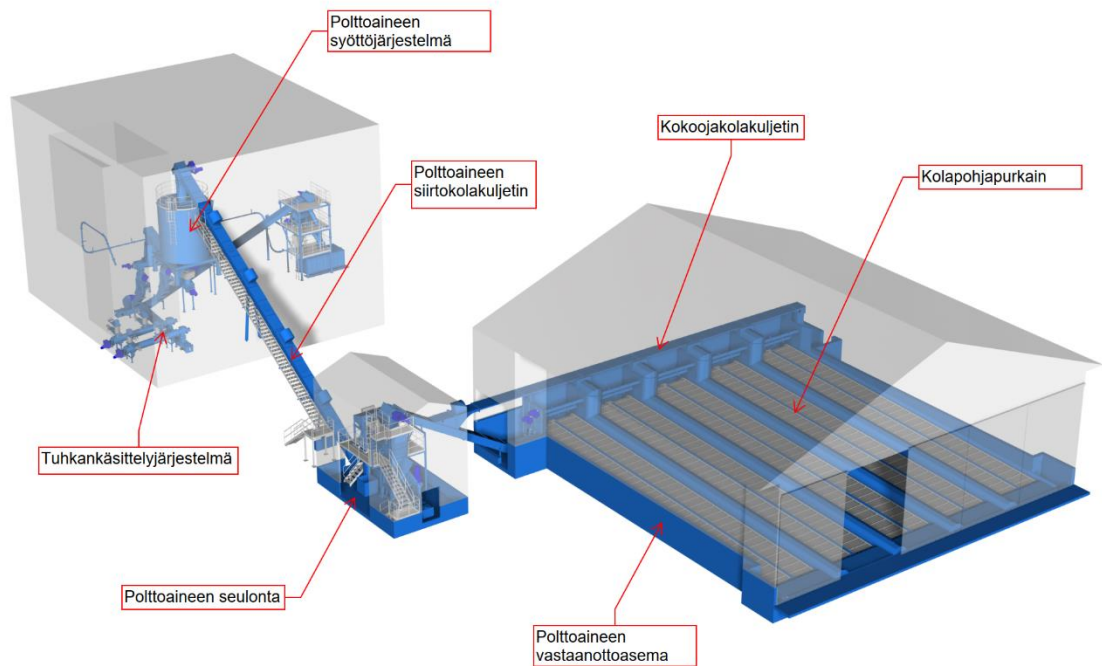
Rungon poikkileikkaus kolakuljettimissa on tasapohjainen ja päältä avoin kouru. Vähän kuluttaville materiaaleille kouru voidaan valmistaa yhdestä levystä taivuttamalla, tällöin rungon sivulevyjen ja pohjan materiaalin paksuudet ovat yhtä suuret. Enemmän kuluttavilla materiaaleilla käytetään paksumpaa pohjalevyä, jolloin pohjalevy kiinnitetään sivulevyihin yleensä hitsaamalla. Tarvittaessa voidaan käyttää myös pulttiliitoksella kiinnitettyä pohjalevyä, jolloin materiaalin ollessa todella kuluttavaa voidaan kulunut pohjalevy korvata uudella vaihtamatta koko runkolohkoa. Tiiviin rakenteen aikaansaamiseksi kourun yläpinta katetaan pulttikiinniteisillä kansilla, jotka on helppo poistaa huolto- ja tarkastustoimenpiteitä varten.

Materiaalin kuljetus tapahtuu tyypillisesti kourun pohjalevyä pitkin, jolloin materiaali pudotetaan paluuketjun läpi pohjalevylle, josta se kulkeutuu purkusuppiloon (McGowan 2009). Paluuketjua kannatetaan kiskojen tai rullien päällä kuljetettavan materiaalipatjan yläpuolella. Kuvan 3 yksirivisen kolakuljettimen runkolohko on tehty yllä mainittuun pohjalevyllä kuljettavaan kuljettimeen, jossa paluuketjun kannatus on tehty kulutusteräksestä valmistetulla kiskolla.

Kuten aikaisemmin on mainittu, voidaan materiaalia syöttää ja poistaa mistä tahansa kohtaa kolakuljetinta. Kun materiaalia puretaan kuljettimelta useammasta pisteestä, kuljettimen purkusuppilot ovat tällöin varustettava mekaanisilla sulkulaitteilla, joilla materiaalivirta voidaan ohjata haluttuun purkusuppiloon. Kun kuljettimessa on samanaikaisesti useampi syöttö- ja purkusuppilo, lisätään kuljettimen runkolohkoon välipohja. Paluuketju siirtää materiaalin välipohjaa pitkin kuljettimen taittopäähän, josta materiaali kuljetetaan pohjalevyä pitkin purkusuppiloihin. Välipohjalla voidaan myös tarvittaessa rajoittaa kuljetettavan materiaalipatjan korkeutta ja täten hallita kuljettimen kapasiteettia. Kuljettimen nousevalla osalla voidaan välipohjaa käyttää estämään materiaalin takaisin valumista. (Koivisto 2018.)

2.2 Käyttökohteita

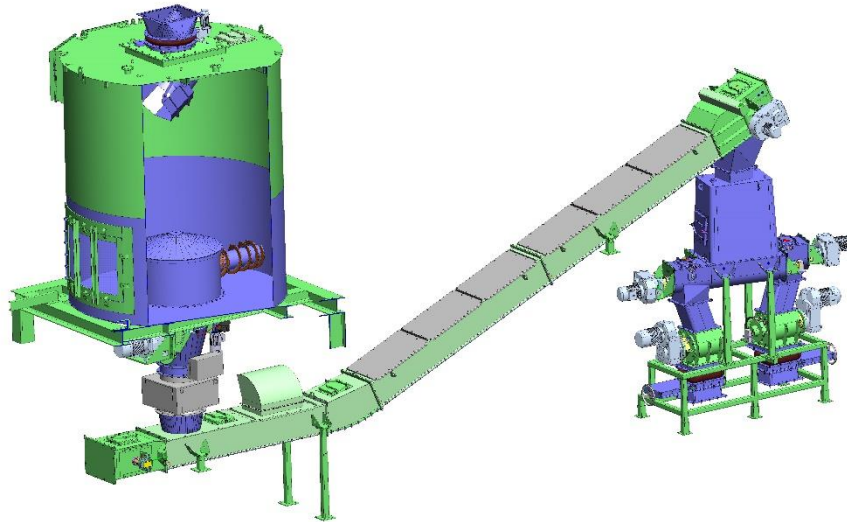
Yksi kolakuljettimen tyypillisistä käyttökohteista on biomassaa polttoaineena käyttävät voimalaitokset. Siellä kolakuljettimia voidaan käyttää materiaalin siirtämisessä useissa eri prosessin vaiheessa. Kuvassa 4 on havainnekuva biopolttoaineen vastaanottojärjestelmästä, jossa on käytetty kolakuljettimia polttoaineen siirtämisessä vastaanottoasemalta kattilan syöttöjärjestelmälle.



Kuva 4, Biopolttoaineen vastaanottojärjestelmä (mukaillen Laitex 2019)

Polttoaineen vastaanottoasema on toteutettu neljälohkoisella päälle ajettavalla kolapohjapurkaimella. Kolapohjapurkain on toimintaperiaatteeltaan samankaltainen kolakuljettimen kanssa. Jokainen lohko on varustettu kahdella hitaasti liikkuvalla leveä kolaisella kaksirivisellä kuljetinketjulla, jotka kuljettavat jopa 3 metriä korkeaa materiaalipatjaa. Materiaalia vastaanottoasemalle tuova kuorma-auto peruutetaan kolapohjapurkaimen päälle, johon materiaali puretaan kippaamalla autosta. Kolapohjapurkain kuljettaa materiaalin kokoojakolakuljettimelle. Kokoojakolakuljettimessa paluuketju on nostettu ylös, jolloin materiaalin syöttö voidaan tehdä korkealla patjalla kuljettimen ketjujen väliin. Kokoojakolakuljettimella materiaali kuljetetaan polttoaineenseulonta asemalle, jossa polttoaineesta poistetaan seulomalla ylisuuret kappaleet ja sinne kuulumattomat materiaalit, kuten kivet. Seulonta asema on yleensä varustettu myös raudan erotuksella, jossa materiaalivirrasta poistetaan magneettiset metallikappaleet. Polttoaineen seulonnan läpäisevä materiaali kuljetetaan polttoaineen siirtokolakuljettimella päiväsiiloon. (Pöyhiä 2020.)

Päiväsiilolta alkavassa polttoaineen syöttöjärjestelmässä voidaan myös käyttää kolakuljettimia materiaalin siirrossa siilosta polttoaineen syöttösulkusyöttimille. Kuvassa 5 on pienikokoisen, noin 15 MW, biovoimalaitoksen polttoaineensyöttöjärjestelmä. Materiaali puretaan siilosta pyörivällä siilonpohjapurkaimella kolakuljettimelle, jolla materiaali siirretään tasaustaskulla varustetulle polttoaineen syöttöruuvikuljettimelle. Ruuvikuljetin annostelee polttoaineen sulkusyöttimille, jotka syöttävät materiaalin kattilaan. (Pöyhiä 2020.)

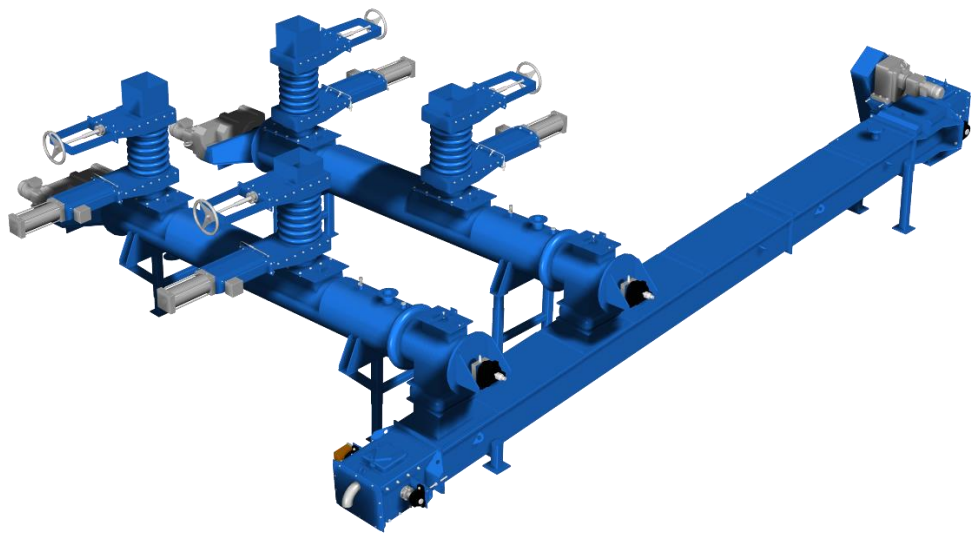


Kuva 5, Polttoaineen syöttöjärjestelmä (Laitex)

Polttoaineen käsittelyssä käytetyt kolakuljettimet ovat rakenteeltaan yleensä kaksirivisiä holkkiketjulla ja muovisilla liukukiskoilla varustettuja kuljettimia. Polttoaineen vastaanotossa materiaalin siirtomatkat ovat yleensä 20–60 metriä, joihin kolakuljettimia voidaan vielä käyttää. Kuljettimien kapasiteetit ja leveydet ovat riippuvaisia kattilan tehosta ja käytetyn polttoaineen laadusta. Kattilan tehon ollessa kokoluokassa 10–25 MW polttoaineen vastaanoton kolakuljettimet ovat leveydeltään 600–1000 mm ja kapasiteetit vaihtelevat 30–80 m³/h. Polttoaineen

syöttöjärjestelmässä kolakuljettimet ovat leveydeltään ja kapasiteetiltaan vastaavan kokoisia vastaanottoaseman kolakuljettimien kanssa. Kuljettimien pituudet ovat vastaanottoaseman kuljettimia lyhyempiä, sillä materiaalin siirtomatkat ovat kattilarakennuksen sisällä vain muutamia metrejä. (Pöyhiä 2020.)

Kattilan jälkeen kolakuljettimia voidaan käyttää polttoprosessissa syntyvän tuhkan pois kuljettamiseen. Kuvassa 6 esitetyssä tuhkankäsittelyjärjestelmässä kattilan pohjasta puretaan neljästä pisteestä kattilanpohjahiekkaa, tuhkaa ja muuta palamatta jäänyttä materiaalia kahdelle jäähdytetylle ruuvikuljettimelle. Kattilasta tullessaan poistettava materiaali voi olla noin 700–900°C asteista ja jäähdytetyillä ruuvikuljettimilla on tavoitteena jäähdyttää materiaali noin 100°C asteiseksi ennen kolakuljetinta. (Pöyhiä 2020.)



Kuva 6, Tuhkankäsittelyjärjestelmä (Laitex)

Tuhkankäsittelyjärjestelmissä käytetään yksi- tai kaksirivisiä takolenkkisellä ketjulla varustettuja kolakuljettimia. Muoviset kulutuskiskot ovat korkeammasta lämpötilasta ja materiaalin kuluttavuuden takia korvattu kulutusteräksisillä kiskoilla. Kapasiteetit tämän tyyppisillä kolakuljettimilla ovat melko pieniä polttoaineen käsittelyssä käytettäviin kolakuljettimiin verrattuna eli yleensä 1–5 m³/h. Kuljettimen

leveydet ovat kuitenkin lähes samaa koko luokkaa polttoainekuljettimien kanssa eli 400–800 mm, tämä mahdollistaa pitämään yhdessä pienen kapasiteetin kanssa pitämään kuljettimen ketjunopeuden suhteellisen hitaana ja täten pienentämään kuljetettavan materiaalin kuluttavaa vaikutusta. (Pöyhiä 2020.)

3 Suunnitteluprosessin kulku kuljetinsuunnittelussa

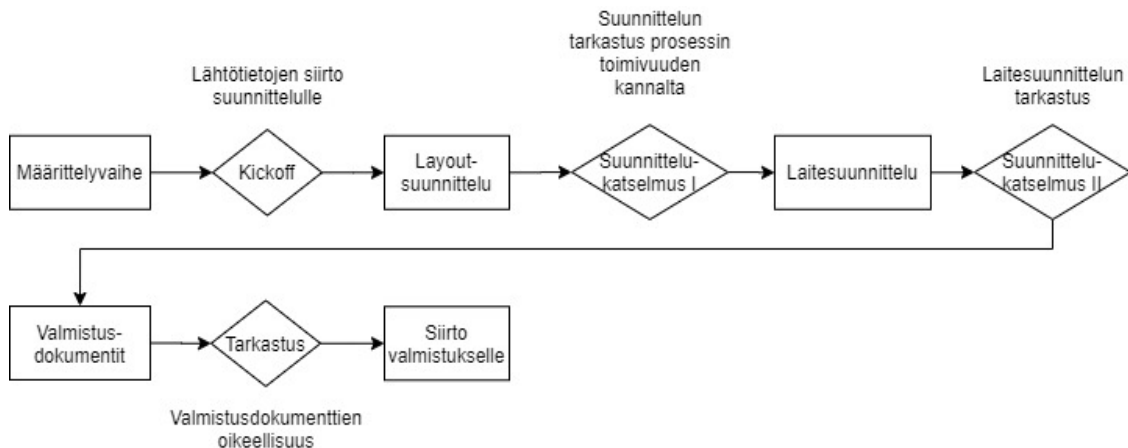
Stage-Gate-malli on yksinkertainen ja paljon käytetty malli kuvamaan suunnitteluprosessia. Kuviossa 1 on esitetty Stage-Gate-mallin peruseriaate. Suunnitteluprosessi jaetaan osakokonaisuuksiin tai tehtäviin (Stage) ja jokaisen vaiheen välillä on tarkastuspiste (Gate), jossa suunnitelmat hyväksytään ennen siirtymistä seuraavaan vaiheeseen. Tarkastuspisteinä toimivat tyypillisesti suunnittelukatselmukset, joissa suunnittelutiimi esittelee suunnitelmansa esimiehille. Katselmusten tulosten perusteella voidaan tehdä päätöksiä, jatketaanko suunnittelua pidemmälle, tarvitaanko tässä vaiheessa lisää suunnittelua vai hylätäänkö suunnitelmat kokonaan ennen kuin niihin sidotaan lisää työaika ja pääomaa. Stage-Gate mallin käyttäminen suunnitteluprosessin kuvaamiseen perustuu oletukseen, että suunnittelu työt voidaan jakaa peräkkäisiin vaiheisiin, jolloin suunnitteluprosessi etenee lineaarisesti eteenpäin. Tämä edellyttää, että tuotteen toiminnot voidaan määritellä jo varhaisessa vaiheessa ja ne seuraavat mukana koko prosessin läpi. (Ullman 2010, 113.)



Kuvio 1, Stage-Gate prosessi (mukailleen Ullman 2010, 114)

Laitexilla käytössä olevan kuljetinsuunnitteluprosessin voi jakaa yksinkertaistusti Stage-Gate mallin mukaisesti osakokonaisuuksiin alla olevan kuvion 2 mukaisesti. Vaiheiden tarkastuspisteinä toimivat katselmukset, joissa käydään läpi tarvittavien henkilöiden kesken suunnitelmien oikeellisuus ja kuljetinlaitteiston vastaavuus asiakkaan tarpeisiin. Alkupään tarkastuspisteissä on mukana tyypillisesti myyjä, projekti- ja suunnittelupäällikkö, sekä tuotehallinnasta vastaava henkilö.

Suunnittelun edetessä myyjän rooli pienenee, eikä myyjä ole yleisesti kickoff-vaiheen jälkeen mukana katselmoinneissa. Viimeisellä tarkastuspisteellä ennen valmistuksen aloitusta ei ole tarvetta pitää useamman henkilön katselmointia vaan on riittävä toimenpide, että toinen suunnittelija tarkastaa ja hyväksyy tuotannolle luovutettavat valmistusdokumentit. (Laitex 2020.)



Kuvio 2, Yksinkertaistettu kaavio Laitexin suunnitteluprosessista

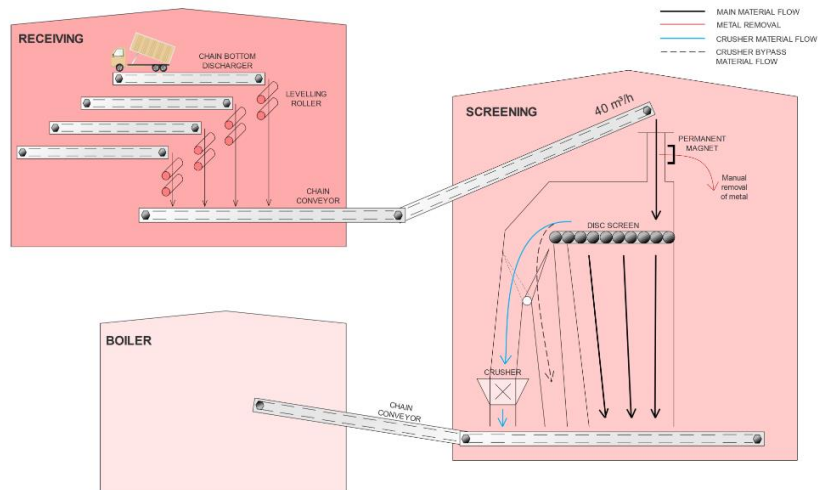
3.1 Määrittelyvaihe

Suunnittelun aloitusvaiheessa on tärkeää selvittää tarkasti asiakkaan tarpeet ja vaatimukset kuljettimen toimintojen osalta. Lähtötiedot määritellään yleensä asiakkaan tarjouskyselyn perusteella ja niitä tarkennetaan tarvittaessa suunnittelun edetessä. Määrittelyn perustana voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia prosessikaaviota, joissa asetetaan vaatimuksia laitteiden toiminnoille. Alustava tehdas layoutpiirustus on myös hyvä lähtökohta laitteen toimintojen ja mittojen määrittelylle. Kuljettimien suunnittelussa ja mitoituksessa ei ole yhtä oikeaa ratkaisua, vaan samaan lopputulokseen voidaan päästä useallakin erilaisella toteutustavalla (Koivisto 2018). Tämä on hyvä pitää mielessä läpi koko suunnitteluprosessin ja miettiä myös vaihtoehtoisia toteutustapoja. (Pöyhiä 2020.)

Virtauskaavio

Virtauskaaviossa prosessi esitetään yksinkertaistetusti periaatteellisella tasolla. Kaaviossa esitetään materiaalivirran kulku prosessissa suunnitteluarvoineen, sekä päälaitteet kapasiteetteineen. Laitteet kuvataan yksinkertaisesti, mutta mahdollisuuksien mukaan kooltaan vertailukelpoisina. Kuvassa 7 on esimerkki

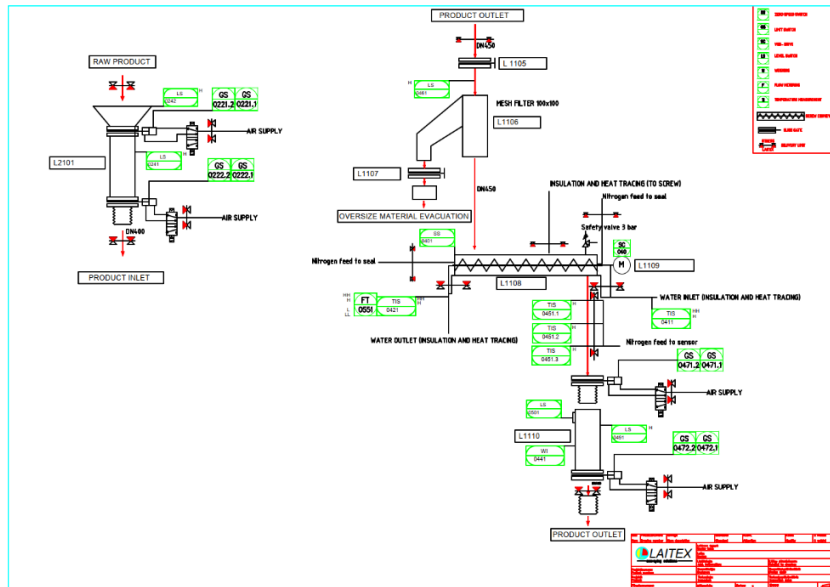
yksinkertaisesta polttoaineenvastaanottoaseman virtauskaaviosta. (Pere 2001, 243.)



Kuva 7, Virtauskaavio (Laitex)

PI-kaavio

Putki- ja instrumenttikaaviossa esitetään prosessin yksityiskohtainen kulku kaavio muodossa. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki yksinkertaiselle PI-kaaviolle. Prosessilaitteita kuvataan eri laitetyppeille standardissa SFS-EN ISO 10628 määritetyillä piirrosmerkeillä. Lisäksi kaikille kaaviossa esitetyille laitteille sekä instrumenteille annetaan yksilöitylaitetunnus. Prosessilaitteiden varolaitteet ovat myös esitettävä PI-kaaviossa. (PSK 3603.)



Kuva 8, PI-kaavio (Laitex)

Lähtötiedoista tulisi selvittää ainakin seuraavat oikean kuljetin tyyppin valintaan vaikuttavat tiedot

- kuljetettava materiaali ja sen ominaisuudet
- kuljetettavan materiaalin määrä
- kuljetettava matka
- kuljettimen nousukorkeus
- prosessilämpötila
- ympäröivät olosuhteet.

Näiden tietojen perusteella voidaan valita oikea kuljetin tyyppi ja alkaa määrittämään vaatimuksia kuljettimen rakenteelle ja prosessin vaatimille toiminnoille:

- kuljettimen alustava mitoitus
- rakenteen materiaalit
- komponenttien alustava valinta
- instrumentointi
- tiiveys vaatimukset
- pintakäsittely
- turvalaitteet.

Kuljettimen määrittely vaiheessa on olennaista tehdä vielä alustava koneturvallisuuteen liittyvä riskien arviointi. Riskien arviointia ja siihen liittyviä yleisiä suunnitteluperiaatteita käsitellään koneturvallisuuden standardissa SFS-EN ISO 12100. Alustavassa riskien arvioinnissa mahdollisesti havaitut turvallisuuteen liittyvät riskitekijät täytyy huomioida laitesuunnittelu vaiheessa ja suunnittelun avulla saada pienennettyä hyväksyttävälle tasolle tai poistettava kokonaan.

3.2 Layoutsuunnittelu

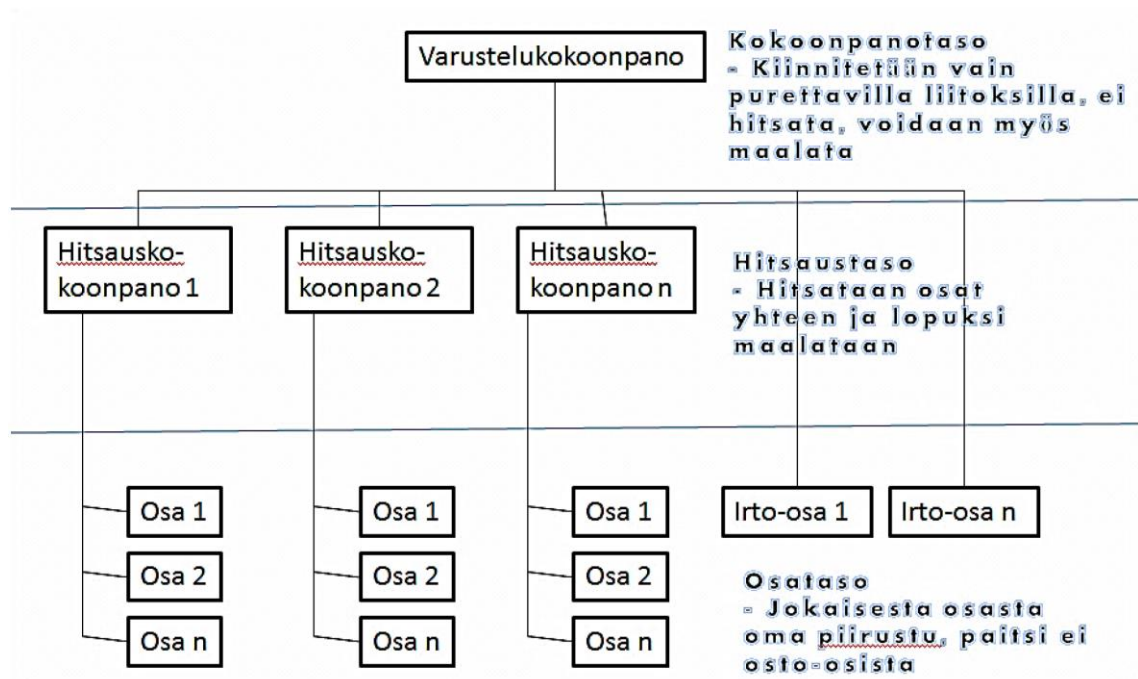
Määrittelyvaiheessa saatujen lähtötietojen perusteella kuljettimesta luodaan aluksi karkea layoutmalli, joka sijoitetaan osaksi laitoksen laitesijoituspiirustusta kuljettimen tarkemman geometrian määrittelyä varten. Layoutmallin on tarkoitus toimia tilanvarauksena laitteen toimintojen toteuttamiseksi, eikä siinä esitetä valmistusteknisiä yksityiskohtia. Tässä vaiheessa myös laitteen toimintoja voidaan kuvata vielä sanallisesti, eikä niiden tarvitse olla vielä suunniteltu loppuun asti (Ullman 2010, 120–121).

Kuvassa 9 on esitetty yksinkertainen esimerkki laitesijoituspiirustuksesta. Laitteiden sijaintien mitoitus varten tehdasosasto on jaettu ennalta sovittujen pilari- ja koordinaattilinjojen mukaan ruutuihin, jotka merkitään kirjain- ja numerotunnuksin. Korkotasojen määrittelyyn käytetään plus- ja miinuskorkoja valtakunnallisen korkeusjärjestelmän mukaan. Päälaitteet mitoitetaan suoraan ruudukon ja korkotasomerkintöjen mukaisista mitoituslinjoista ja päälaitteisiin liittyvät laitteet mitoitetaan päälaitteista. (PSK 5806.)

3.3 Laitesuunnittelu

Laitesuunnittelun alusta asti on tärkeää huomioida laitteen tuoterakenne. Hierarkinen puumalli on todennäköisesti yksinkertaisin tapa esittää laitteen tuoterakenne. Mallissa laitteen rakenne jaetaan osakokonaisuuksiin, joiden välisiä riippuvuussuhteita kuvataan pääkokoonpanotason alapuolelle järjestetyllä puurakenteella. (Hölttä-Otto 2005, 19.)

Kuviossa 3 laitteen tuoterakenne on jaettu osakokonaisuuksiin laitteen valmistusjärjestyksen mukaisesti. Osakokonaisuuksien tasojen erottajana on käytetty osien liittämiseen käytettyä liitosmenetelmää.



Kuvio 3, Tuoterakenne (Piironen 2013)

Pääkokoonpanotasolla laite esitetään kokonaisuutena ja se sisältää kaikki laitteessa olevat osat. Kokoonpano voi sisältää alikokoonpanoja sekä yksittäisiä osia. Kaikki tällä tasolla toisiinsa liitettävät kokonaisuudet on kiinnitetty vain purettavissa olevilla liitoksilla, eivätkä hitsattavat tai muut purkamattomat liitosmenetelmät ole sallittuja pois lukien asennuspaikalla tapahtuva asennushitsaus.

Pääkokoonpanon sisältämät alikokoonpanot voidaan tarvittaessa jakaa vielä pienempiin osakokonaisuuksiin. Alikokoonpanot voivat siis vielä sisältää omia alikokoonpanoja sekä yksittäisiä osia. Hitsaamalla valmistetut teräsrakenteet ovat yleensä sijoitettava omaksi alikokoonpanoksi ensimmäisen tason alikokoonpanoon. Ensimmäisen tason alikokoonpanoihin sovelletaan samoja liitosmääritelmiä kuin pääkokoonpanotasolla.

Hitsauskokoonpanossa osat liitetään toisiinsa hitsaamalla tai jollain muulla purkamattomalla liitosmenetelmällä. Hitsauskokoonpano voidaan myös tarvittaessa jakaa pienempiin osahitsauskokoonpanoihin. Hitsaus- tai osahitsauskokoonpanot eivät saa sisältää purettavissa olevia liitoksia, vaan kaikki purettavissa olevilla liitoksilla kiinnitettävät osat tulee sijoittaa seuraavalle kokoonpanotasolle. Teräsosien maalaaminen ja muu pintakäsittely tehdään hitsauskokoonpanotasolla, ennen varsinaista kokoonpanovaihetta. (Piironen 2013.)

Yksittäisten osien suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota niiden valmistettavuuteen ja valmistusmenetelmiin. Taivutettavat levyosat on suunniteltava ohutlevyosina siten, että levyosien geometria ja sen sisältämät reiät on mahdollista valmistaa polttoleikkaamalla. Osien valmistuksen vaatimat työvarat on myös huomioitava. Kustannustehokkaan valmistuksen kannalta osan on hyvä olla valmistettavissa perinteisin valmistusmenetelmin polttoleikkaamalla, taivuttamalla tai koneistamalla.

3.4 Valmistusdokumentit

Suunnittelun tavoitteena on tuottaa selkeät ja yksiselitteiset piirustukset laitteen valmistamiseksi. Piirustuksien tulee sisältää riittävällä tarkkuudella kaikki mahdollinen tieto, jotta laitteen valmistaja pystyy valmistamaan laitteen suunnitelmien mukaan oikeanlaiseksi. Valmistuspiirustukset seuraavat tuoterakenteen tasomaisuutta. (Piironen 2013.)

3.4.1 Pääkokoonpanopiirustus

Kuljetin suunnittelussa laitteen pääkokoonpanosta tehtävää piirustusta kutsutaan laitteen mittapiirustukseksi. Kuvassa 10 on esitetty esimerkki hihnakuljettimen

[illegible]

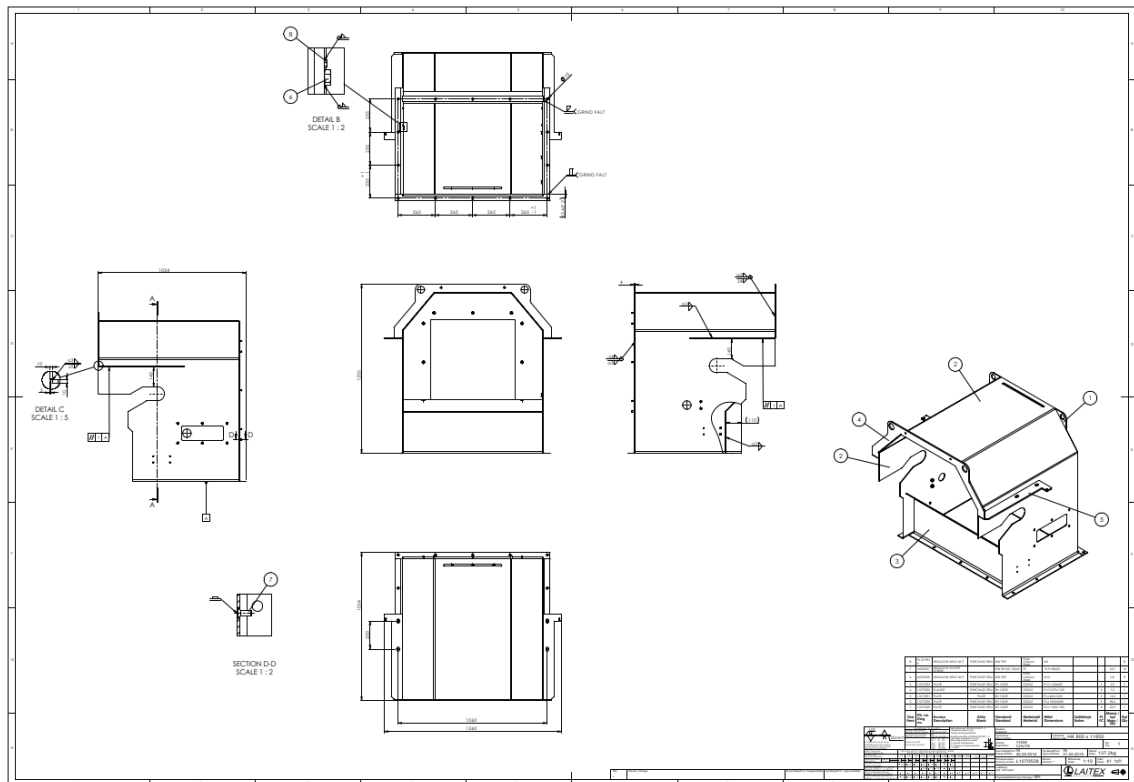
3.4.2 Osakoonpanopiirustus

22

3.4.3 Hitsauspiirustus

23

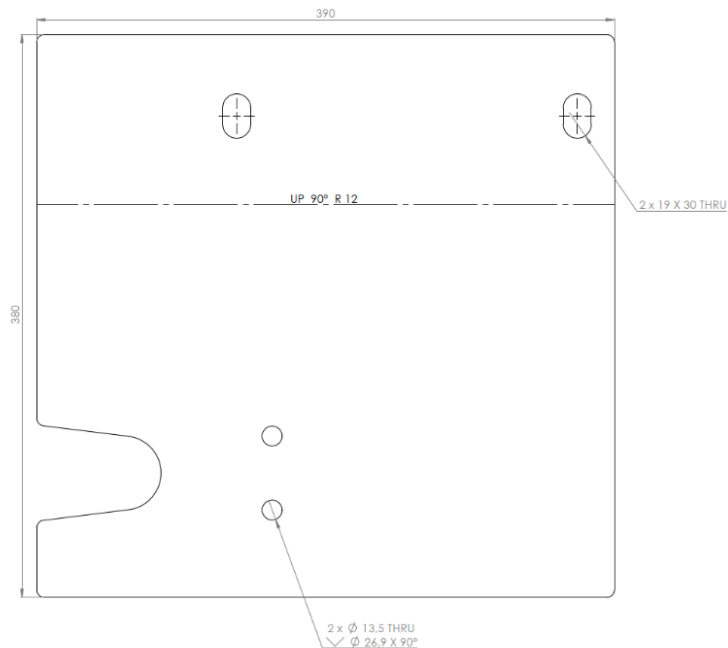
ylimääräisiä merkintöjä ja ylimitoittamista tulisi myös välttää, jotta piirustusmerkinnät erottuisivat hyvin toisistaan kussakin työvaiheessa. (Piironen 2013.)



Kuva 12, Hitsauspiirustus (Laitex)

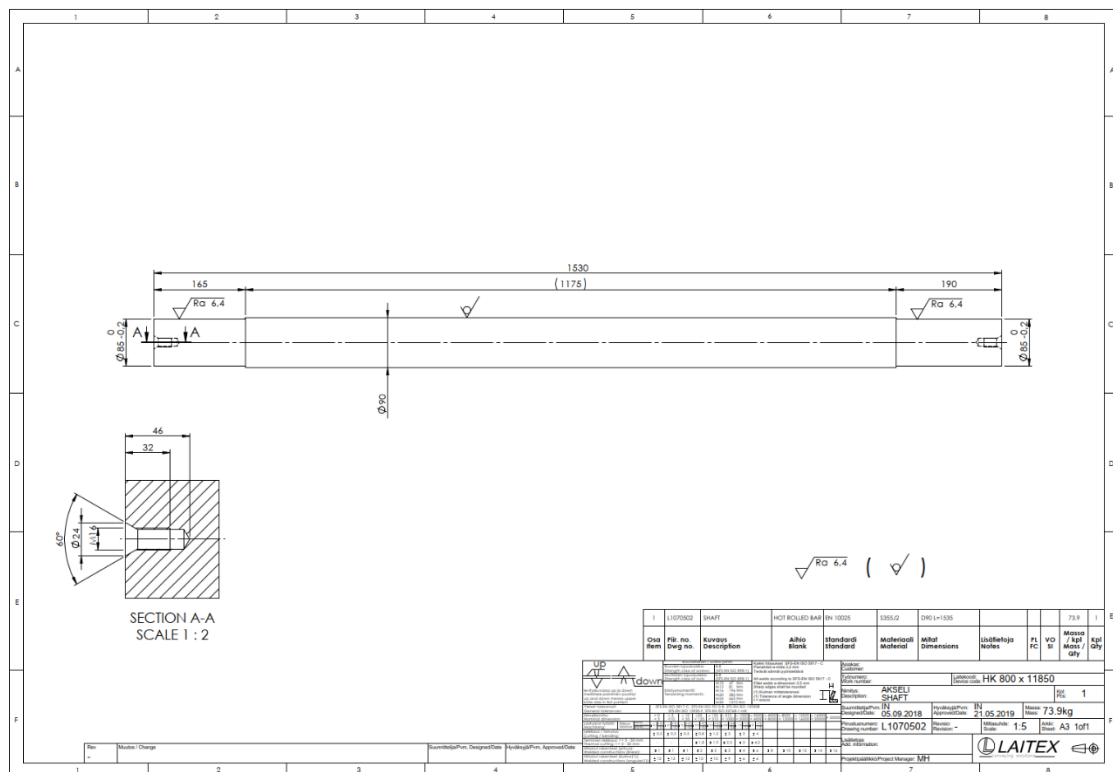
3.4.4 Piirustukset yksittäisistä osista

Yksittäisistä osista tehdään tarvittavat piirustukset osan valmistamiseksi. Levystä leikkaamalla tehdyille osille riittää usein polttoleikepiirustus, jossa on esitetty kappaleen pää- ja äärimitat aihion koon määrittelyä varten ja osan yksilöimiseksi tuotannon seuraavaa vaihetta varten. Polttoleikegeometria (DXF) sijoitetaan toiselle piirustusarkille kappaleen todellisessa mittasuhteessa (1:1). Kuvassa 13 on esimerkki polttoleikattavan kappaleen DXF-geometriassa esitettävistä mitoista ja merkinnöistä. Polttoleikattavan osan suunnittelussa on huomioitava, ettei poltettavan reiän halkaisija voi olla levyn pienempi kuin levyn paksuus, josta osa on tarkoitus valmistaa. Tämän takia aihion määrittelyyn tarvittavien äärimittojen lisäksi on kappaleen sisältämien reikien halkaisijat mitoitettava polttoleikkausgeometriaan.



Kuva 13, Polttoleikattavan kappaleen DXF-geometria (Laitex)

Kanttauskoneella, mankeloimalla tai muuten taivuttamalla valmistettavista osista tehdään polttoleikkausgeometria osan levityskuvasta. Taivutettavista osista tehdyissä piirustuksissa esitetään osan levityskuvan lisäksi valmis taivutettu osa vähintään kahdella kuvannolla. Levityskuvaan mitoitetaan kappaleen äärimitat aiheen määrittelyä varten sekä taivutusviivojen etäisyydet kohtisuoraan levyn laidasta. Taivutetun osan kuvannoissa mitoitetaan osan toiminnan ja yhteensopivuuden kannalta olennaisimmat mitat, kuten kuvassa 14 on esitetty.



Kuva 15, Sorvaamalla valmistettavan akselin piirustus (Laitex)

4 Suunnitteluohje

Suunnitteluohjeen sisältö ja rakenne ovat riippuvaisia ohjeen käyttötarkoituksesta, laajuudesta ja kohderyhmästä jolle ohje on suunnattu. Kokonaisen laitteen alusta alkaen suunnittelemiseksi on hyvin vaikea tehdä yksiselitteistä ohjetta, jossa käsiteltäisiin suunnittelun kaikki vaiheet ja yksityiskohdat riittävällä tarkkuudella sellaiselle henkilölle, jolle ei ole vielä ehtinyt kertynyt kokemusta mekaanisten laitteiden suunnittelusta. Tällöin myös ohjeen rajaamisessa koskemaan nimenomaan tiettyä laitetta voi tulla ongelmia ja sisältö voi helposti karata käsittelemään yleisiä suunnitteluun liittyviä asioita. Toisena äärilaitana ohjeen kohderyhmässä voi olla esimerkiksi kokenut mekaniikkasuunnittelija, jolle kyseisen laitteen suunnittelu ei ole tuttua. Tämän kaltaiselle henkilölle vasta-alkajalle suunnattu ohje voi tuntua sisällöltään liian itsestään selvälle ja tällöin ohjeen sisältä-

mät tärkeät asiat voivat jäädä helposti huomioimatta. Laitekohtaista suunnitteluohjetta aloitettiin rakentamaan näiden ajatuksien pohjalta tukemaan kohderyhmän molempia äärilaitoja mahdollisimman hyvin.

Suunnitteluohjeessa käsitellään pääasiassa vain kolakuljettimen suunnitteluun liittyviä yksityiskohtia ja vain sivutaan yleisiä suunnitteluun liittyviä asioita ja tekniikoita. Yrityksessä on jo aikaisemmin luotu ohjeistuksia liittyen yleisiin suunnittelutekniikoihin ja suunnitteluprosessin kulkuun yrityksessä. Näitä jo olemassa olevia ohjeita pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti viittaamalla niihin aina, kun se vain on mahdollista. Viittauksilla pyritään tekemään myös lukija tietoiseksi yleisohjeiden olemassaolosta sekä samalla kertomaan mistä voi tarvittaessa etsiä lisätietoa kyseistä aiheesta. Kokemattomampi suunnittelija voi näin hakea tarvitsemansa lisätiedon näistä yleisohjeista. Tällä tavoin ohjeen rakenne saadaan pysymään tiiviimpänä sekä pystytään tuomaan paremmin esille kyseisen laitteen suunnitteluun liittyvät asiat.

Kolakuljettimen suunnitteluohje on tämän opinnäytetyön liitteenä, mutta se on tarkoitettu vain yrityksen sisäiseen käyttöön ja on siksi poistettu työn julkisesta versiosta.

Ohje sisältää yleisiä asioita kolakuljettimen suunnittelun aloituksesta ja sen tarvitsemista lähtötiedoista sekä yrityksessä yhteisesti sovittuja sääntöjä kyseisen laitteen 3D-mallinnuksen aloituksesta. Ohjeen alussa on kiinnitetty erityisesti huomiota laitteen valmistusjärjestystä noudattavaan tuoterakenteeseen ja sen mukaisen 3D-mallin rakentamiseen.

5 Yhteenveto

Lähdeaineiston hankkiminen osoittautui heti työn aloitusvaiheessa haasteelliseksi, sillä kuljetintekniikasta ja kuljettimien sovellutuksista on saatavissa yllättävän vähän julkaistua materiaalia. Kuljettimia käsitellään kyllä monessakin eri julkaisussa, mutta ne ovat yleisesti mainittuna vain muutamalla lauseella esimerkiksi kattilateknologiaa käsittelevissä aineistoissa. Opinnäytetyön kirjoittajalla on yli kolmen vuoden kokemus kuljetinsuunnittelusta yrityksessä, ja samalla on myös kertynyt kokemusta usean uuden suunnittelijan työhön perehdyttämisestä

sekä siihen liittyvistä haasteista. Näitä kokemuksia on pyritty hyödyntämään myös tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa.

Suunnitteluohje olisi alkuperäisen suunnitelman mukaan sisältänyt yksityiskohdalliset ohjeet kolakuljettimen suunnittelusta ja rakenteesta, mutta aiheen laajuudesta ja aikataulullisista syistä johtuen alkuperäisestä suunnitelmasta jouduttiin luopumaan aika nopeasti työn aloituksen jälkeen. Suunnitteluohjeen sisällöksi tiivistettiin tuotekehitysinsinöörin kanssa käytyjen keskusteluiden pohjalta kolakuljettimen suunnittelun aloitus ja oikeanlaisen tuoterakenteen rakentaminen laitteen pääkokoonpanotasolta alkaen. Aiheen tiivistämistä koskemaan tuoterakennetta tukee myös yleisesti yrityksessä tehdyt havainnot suurista puutteista vasta valmistuneilla kuten myös kokeneemmilla uusilla suunnittelijoilla valmistusjärjestyksen mukaisen tuoterakenteen ymmärtämisessä ja tämän noudattamisessa laitesuunnittelussa.

Kolakuljettimen suunnitteluohjetta tullaan jatkamaan yrityksen tuotehallintaosaston toimesta alkuperäisen suunnitelman mukaisesti käsittelemään laitteen suunnittelua kokonaisuudessaan.

Lähteet

Fruchtbaum, J. 1988. Bulk Materials Handling Handbook, Springer Science + Business Media LLC

Hölttä-Otto, K. 2005. Modular Product platform design. Helsinki University of Technology. Väitöskirja.

Koivisto, K. 2018. Kuljetintekniikka, Books On Demand.

Laitex. 2018. Full scope solutions for material handling. Tuote-esite. <https://laitex.fi/wp-content/uploads/2018/11/Full-scope-.pdf>

Laitex. 2020. Suunnitteluohje – Suunnitteluprosessi revisio B. Yrityksen sisäinen ohje. Luettu 12.5.2020

McGowan, T. 2009 Biomass and alternate fuel systems: an engineering and economic guide. New Jersey. John Wiley & Sons.

Ullman, D. 2010. The Mechanical Design Process, McGraw-Hill Inc.

Pere, A. 2001. Koneenpiirustus ammattikorkeakouluja varten, Kirpe Oy

Piiroinen, T. 2013. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen. Onnistuneen suunnittelun periaatteita – DFMA. Hitsaavan teollisuuden hankintatoimen ja toimitusketjun tehostaminen – HitNet. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D4/2/2013. <http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>

PSK 3603. Prosessikaaviot ja piirrosmerkit. 2012. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. PSK standardisointi.

PSK 5806. Tehdassuunnitteluasiakirjat. 2002. Laitesijoituspiirustus. PSK standardisointi.

PSK 5806. Tehdassuunnitteluasiakirjat. 2000. Laitteiden ja metallirakenteiden mittapiirustus. PSK standardisointi.

Pöyhiä, S. 2020. Suunnittelupäällikkö. Laitex Oy. Lappeenranta. Haastattelu 22.5.2020.

SFS 4200. Kuljettimet. Luokittelu ja sanasto. 1978. Suomen standardisoimisliitto.

Liitteet

Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta raportista.